

09/856818

PCT/JP99/06524

日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

EKV

22.11.99

REC'D 14 JAN 2000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1998年11月27日

出願番号  
Application Number:

平成10年特許願第337323号

出願人  
Applicant(s):

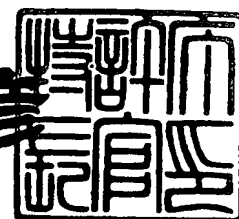
ローム株式会社

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年12月24日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近藤隆彦



出証番号 出証特平11-3089675

【書類名】 特許願

【整理番号】 103509

【提出日】 平成10年11月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

    【住所又は居所】 京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地    ローム株式会社内

    【氏名】 中村 孝

【発明者】

    【住所又は居所】 京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地    ローム株式会社内

    【氏名】 藤森 敬和

【特許出願人】

    【識別番号】 000116024

    【住所又は居所】 京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地

    【氏名又は名称】 ローム株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100087701

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 稲岡 耕作

【選任した代理人】

    【識別番号】 100075155

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 亀井 弘勝

【選任した代理人】

    【識別番号】 100101328

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 川崎 実夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011028

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9401527

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板上に機能性薄膜を形成する工程と、  
この機能性薄膜が形成された後の工程の影響による上記機能性薄膜の特性劣化を回復するための回復工程とを含み、

上記回復工程は、熱以外のエネルギーを上記機能性薄膜に与える処理工程と、熱エネルギーを上記機能性薄膜に与える熱処理工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

上記機能性薄膜は、複合酸化物薄膜であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

上記回復工程は、上記機能性薄膜が形成された半導体基板の表面に酸化性ガスを導入する酸素導入工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

上記熱以外のエネルギーを上記機能性薄膜に与える処理工程は、酸素活性化粒子雰囲気中に上記機能性薄膜が形成された半導体基板を置く酸素活性化粒子処理工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

上記熱以外のエネルギーを上記機能性薄膜に与える処理工程は、上記機能性薄膜に電磁波を供給する電磁波供給工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

上記機能性薄膜は、強誘電体膜であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 7】

上記半導体装置は、上記強誘電体膜を電荷保持膜として用いた強誘電体記憶装置であることを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 8】

上記回復工程よりも前に、上記半導体基板上に配線を形成するための配線形成工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 9】

上記熱処理工程は、上記半導体基板の温度が、上記配線が劣化しないように定められた所定温度を超えないように行われることを特徴とする請求項 8 記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 10】

上記回復工程よりも前に、上記半導体基板に機能素子を形成するための素子形成工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 11】

上記熱処理工程は、上記半導体基板の温度が、上記機能素子が劣化しないように定められた所定温度を超えないように行われることを特徴とする請求項 10 記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

この発明は、強誘電体メモリなどの半導体装置の製造方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

強誘電体メモリは、強誘電体膜を電荷保持用のキャパシタとして用いた不揮発性記憶装置であり、高速性、低消費電力、高集積性および耐書換え特性に優れている。強誘電体膜に電界をかけて分極を生じさせると、電界を除去した後もその分極が保持される。これにより、不揮発性記憶機能が実現される。

## 【0003】

図5は、強誘電体メモリのセル構造を示す断面図である。半導体基板1の表面においてフィールド酸化膜2によって分離された素子形成領域には、不純物拡散層3、4が間隔を開けて形成されており、これらの不純物拡散層3、4の間の半導体基板1の表面には、ゲート絶縁膜5を介在させてゲート電極6が形成されている。このようにして、トランジスタTRが形成されている。

## 【0004】

ゲート電極6は、第1層間絶縁膜7により被覆されており、この第1層間絶縁膜7上には、下部電極11および上部電極12により強誘電体膜10を挟持して形成したキャパシタ構造Cが設けられている。

上部電極12は、第2層間絶縁膜8により被覆されている。そして、この第2層間絶縁膜8上に形成された第1アルミニウム配線9は、コンタクト孔14、15を介して上部電極12および不純物拡散層4と接合されていて、上部電極12と不純物拡散層4とを電氣的に接続している。

## 【0005】

このセル構造の強誘電体メモリにおいて、不純物拡散層3は、ビットラインを形成し、ゲート電極6はワードラインを形成し、下部電極11はプレートラインを形成する。そこで、ビットライン（不純物拡散層3）とプレートライン（下部電極11）との間に適当な書込み電圧を印加するとともに、ワードライン（ゲート電極6）に選択電圧を印加してトランジスタTRを導通させると、強誘電体膜10に電界を印加できる。これにより、強誘電体膜10には、印加された電界の方向および強さに応じた分極を生じさせることができる。

## 【0006】

読出し時には、ワードライン（ゲート電極6）に適当な選択電圧を印加してトランジスタTRを導通させるとともに、プレートライン（下部電極11）に適当な読出し電圧を印加する。このとき、ビットライン（不純物拡散層3）に表れる電位は、強誘電体膜10の分極の方向に応じて、2つの異なる電位のうちのいずれかとなる。これに基づき、このセルが「1」の状態であるのか「0」の状態であるのかを調べることができる。

【0007】

図5に示されているように、多層配線が必要な場合には、第1アルミニウム配線9は、さらに第3層間絶縁膜16で被覆される。そして、この第3層間絶縁膜16上にさらに第2アルミニウム配線17が形成され、この第2アルミニウム配線17は、コンタクト孔18を介して第1アルミニウム配線9に接続される。第2アルミニウム配線17は、さらに、保護膜19で覆われることになる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

強誘電体膜の材料には、PZT ( $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ ) 系のものとSBT ( $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ) 系のものに代表される複合酸化物強誘電体が一般に用いられている。これらは、いずれも酸化物であるがゆえに、還元雰囲気になく、たとえば、 $\text{SiH}_4$ を用いる層間絶縁膜形成プロセスや、P-N接合の安定化やコンタクトのオーミック性改善などのための $\text{H}_2$ シンターなどの工程を通すと、キャパシタ特性が劣化するおそれがある。

【0009】

具体的には、図5のセル構造を作成する場合には、強誘電体膜10の形成後に、第2および第3層間絶縁膜8、16および保護膜19が形成されるから、強誘電体膜10が還元雰囲気中にさらされることは避けられない。

また、強誘電体は、圧電特性を併せ持つので、層間絶縁膜や保護膜などによる応力に非常に敏感で、特性の偏りが発生する場合がある。

【0010】

したがって、強誘電体膜10は、当該強誘電体膜10の形成後の後工程において形成される上部電極12、第2および第3層間絶縁膜8、16、第1および第2アルミニウム配線9、17ならびに保護膜19からの応力を受けるので、必ずしも設計どおりのキャパシタ特性を有することができないおそれがある。

さらに、強誘電体膜10を形成した後の工程では、上部電極12や第1および第2アルミニウム配線9、17などをパターニングするためのエッチング処理が不可避であるが、このエッチング処理により、強誘電体膜10がダメージを受ける。このこともまた、強誘電体膜10のキャパシタ特性の劣化の一因となってい

る。

#### 【0011】

上述のような強誘電体膜10の特性劣化は、酸素雰囲気中における550℃～600℃の熱処理により、回復可能であることが知られている。

ところが、このような高温による熱処理は、トランジスタTRの特性劣化を引き起こすうえ、アルミニウム配線9、17の融解を引き起こす。そのため、とくに、アルミニウム配線9を形成した後は、400℃以上の熱処理を施すことができない。

#### 【0012】

したがって、強誘電体メモリのキャパシタ膜として用いられる強誘電体膜10については、事実上、特性劣化を回復する手段がなく、そのために、必ずしも良好な特性の強誘電体膜を有する強誘電体メモリを実現することができなかった。

そこで、この発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、機能性薄膜の特性劣化の回復を良好に行って、優れた特性の半導体装置を製造することができる半導体装置の製造方法を提供することである。

#### 【0013】

また、この発明のより具体的な目的は、機能性薄膜の特性劣化の回復を比較的低温の熱処理により実現できるようにして、機能性薄膜の特性劣化を良好に回復することができる半導体装置の製造方法を提供することである。

この発明のさらに具体的な目的は、機能性薄膜としての強誘電体膜の特性劣化を良好に回復することができる半導体装置の製造方法を提供することである。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段および発明の効果】

上記の目的を達成するための請求項1記載の発明は、半導体基板上に機能性薄膜を形成する工程と、この機能性薄膜が形成された後の工程の影響による上記機能性薄膜の特性劣化を回復するための回復工程とを含み、上記回復工程は、熱以外のエネルギーを上記機能性薄膜に与える処理工程と、熱エネルギーを上記機能性薄膜に与える熱処理工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法である。



## 【0015】

上記回復工程における熱以外のエネルギーを機能性薄膜に与える処理工程と熱処理工程とは、いずれか一方を先に行い、他方を後に行ってもよいが、両工程を同時に行うことが好ましい。

本発明によれば、熱以外のエネルギーと熱エネルギーとを併用して、機能性薄膜の特性劣化の回復が図られる。そのため、回復工程において半導体基板に与えられる熱エネルギーは比較的少なくてよい。これにより、機能性薄膜以外の部分に対する熱の影響が少なくなる。その一方で、機能性薄膜には、熱以外のエネルギーと熱エネルギーとの併用により、十分なエネルギーを供給することができる。これにより、回復工程を経た機能性薄膜は、良好な特性を有することができる。つまり、機能性薄膜の特性劣化を、比較的低温の熱処理により良好に実現できる。

## 【0016】

請求項2記載の発明は、上記機能性薄膜が、複合酸化物薄膜であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法である。

上記複合酸化物膜を構成する複合酸化物としては、PZT ( $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ ) および SBT ( $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ) を例示することができる。

複合酸化物膜は、絶縁膜形成プロセスや $\text{H}_2$  シンターなどの工程において還元雰囲気にとさらされると、特性（とくにキャパシタ特性）が劣化する。そのため、上述の回復工程による機能回復が必要とされる場合が多い。

## 【0017】

請求項3記載の発明は、上記回復工程が、上記機能性薄膜が形成された半導体基板の表面に酸化性ガスを導入する酸素導入工程をさらに含むことを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置の製造方法である。

酸化性ガスは、酸素を含むガスであり、酸素ガス ( $\text{O}_2$ )、オゾン ( $\text{O}_3$ )、 $\text{NO}_x$  などを例示できる。

## 【0018】

この酸素導入工程は、非熱処理工程および／または熱処理工程と同時に行われることが好ましい。

この発明によれば、機能性薄膜の特性を回復させる回復工程において、半導体基板を酸素ガス雰囲気中に置くことができる。これにより、還元雰囲気さらされて特性が劣化した機能性薄膜の酸化を促進できるから、その特性を良好に回復できる。したがって、酸素導入工程は、機能性薄膜が複合酸化物からなる場合にとくに効果がある。

## 【0019】

請求項4記載の発明は、上記熱以外のエネルギーを上記機能性薄膜に与える処理工程が、酸素活性化粒子雰囲気中に上記機能性薄膜が形成された半導体基板を置く酸素活性化粒子処理工程を含むことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

上記酸素活性化粒子としては、オゾン、酸素ラジカルおよびプラズマを例示することができる。

## 【0020】

この発明によれば、酸素活性化粒子雰囲気中に半導体基板を置くことにより、機能性薄膜にエネルギーを与え、この機能性薄膜の特性劣化を回復することができる。とくに、機能性薄膜が複合酸化物からなっている場合には、雰囲気中の酸素が活性化されることにより、そのダメージを回復できる。

この場合に、半導体基板付近に酸素ガスなどの酸化性ガスが導入されることがさらに好ましく、これにより、さらに効果的に機能性薄膜の特性を回復させることができる。

## 【0021】

請求項5記載の発明は、上記熱以外のエネルギーを上記機能性薄膜に与える処理工程が、上記機能性薄膜に電磁波を供給する電磁波供給工程を含むことを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

上記電磁波としては、紫外線およびマイクロ波を例示することができる。

この発明によれば、機能性薄膜に電磁波を供給することにより、熱以外のエネルギーを供給して、機能性薄膜の特性を回復させることができる。

## 【0022】

請求項6記載の発明は、上記機能性薄膜が、強誘電体膜であることを特徴とす

る請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

この発明によれば、強誘電体膜の形成後の種々の工程によって、強誘電体膜のキャパシタ特性や分極特性が劣化した場合に、この特性劣化を良好に回復することができる。

【0023】

請求項 7 記載の発明は、上記半導体装置は、上記強誘電体膜を電荷保持膜として用いた強誘電体記憶装置であることを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法である。

この発明によれば、回復工程によって、強誘電体膜のキャパシタ特性および分極特性を良好に回復することができるので、優れた特性の記憶装置（メモリ）を実現できる。

【0024】

請求項 8 記載の発明は、上記回復工程よりも前に、上記半導体基板上に配線を形成するための配線形成工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

この発明によれば、特性が劣化した機能性薄膜の機能回復のための回復工程では、熱エネルギーと熱以外のエネルギーとが併用されるので、比較的低温でその特性を回復することができる。これにより、配線にダメージを与えることなく、機能性薄膜の特性を回復できるから、良好な特性の半導体装置を実現することができる。

【0025】

すなわち、請求項 9 に記載のように、上記熱処理工程を、上記半導体基板の温度が、上記配線が劣化しないように定められた所定温度を超えないように行うようにすれば、配線にダメージを与えることがない。

たとえば、上記配線がアルミニウムで形成される場合には、上記所定温度は、400℃程度以下とされることが好ましい。

【0026】

請求項 10 記載の発明は、上記回復工程よりも前に、上記半導体基板に機能素子を形成するための素子形成工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 9 のい

ずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

上記機能素子としては、電界効果トランジスタなどのトランジスタや、キャパシタ、抵抗器などを例示することができる。

【0027】

この発明によれば、比較的低温で機能性薄膜の特性を回復できることにより、回復工程よりも前に形成された機能素子にダメージを与えることがない。これにより、良好な特性の半導体装置を実現できる。

すなわち、請求項11に記載のように、上記熱処理工程を、上記半導体基板の温度が、上記機能素子が劣化しないように定められた所定温度を超えないように行うようにすれば、機能素子の特性が劣化することがない。

【0028】

たとえば、半導体基板に形成されたトランジスタなどの機能素子を保護するためには、上記所定温度は、400℃程度以下とされることが好ましい。

【0029】

#### 【発明の実施の形態】

以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、図5に示されたセル構造を有する強誘電体メモリを製造するための製造工程を表す流れ図である。この図1と上述の図5とを参照して、この発明の一実施形態について説明する。

【0030】

まず、半導体基板1上にフィールド酸化膜2が形成され、さらに、不純物拡散層3、4、ゲート絶縁膜5およびゲート電極6が形成されて、機能素子としてのトランジスタTRが形成される（ステップS1）。続いて、第1層間絶縁膜7が形成されてゲート電極6が被覆される（ステップS2）。

その後、キャパシタ構造Cを形成するために下部電極11が、トランジスタTRのほぼ上方の位置において、第1層間絶縁膜7上に形成される（ステップS3）。この第1層間絶縁膜7上に強誘電体膜10が積層され（ステップS4）。これらは、同じパターンにパターニングされる。

【0031】

強誘電体膜 10 の形成工程は、たとえば、ゾル・ゲル法により行われる。ゾル・ゲル法とは、液体（ゾル）状の原料を基板上にコーティングして、熱処理により焼成して所要の膜を得る方法である。PZT のゾル・ゲル法では、たとえば、出発原料として、 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Zr}(\text{n-OC}_4\text{H}_9)_4$ 、 $\text{Ti}(\text{i-OC}_3\text{H}_7)_4$  の 2-メトキシエタノールを溶媒とした溶液などが用いられる。この溶液をスピンのコーティングにより基板上に塗布し、 $150^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$  で乾燥させた後に、乾燥空気雰囲気中で  $400^\circ\text{C}$ 、30 分の仮焼成を行う。所定の膜厚になるまでこの工程を繰り返し、最後に、 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$  で熱処理して、膜全体を結晶化させる。

## 【0032】

この他、強誘電体膜 10 の形成には、スパッタリング法、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法、MOD (Metal Organic Decomposition) 法、レーザーアブレーション法、イオンビームスパッタ法などが適用可能である。

強誘電体膜 10 の形成後には、上部電極 12 が強誘電体膜 10 上に形成されてエッチングによりパターニングされる（ステップ S5）。

## 【0033】

その後、たとえば、 $\text{SiH}_4$  などを原料ガスとして用いた CVD 法などにより、シリコン酸化物等の絶縁物からなる第 2 層間絶縁膜 8 が基板全面に形成される（ステップ S6）。そして、エッチングによりコンタクト孔 14、15 が、第 1 および第 2 層間絶縁膜 7、8 に開口されて、上部電極 12 および不純物拡散層 4 が露出させられる。

## 【0034】

次いで、たとえば、スパッタ法により、第 2 層間絶縁膜 8 上にアルミニウムが堆積させられ、これをエッチングによりパターニングして第 1 アルミニウム配線 9 が形成される（ステップ S7）。

次いで、たとえば、 $\text{SiH}_4$  などを原料ガスとして用いた CVD 法などにより、シリコン酸化物等の絶縁物からなる第 3 層間絶縁膜 16 が基板全面に形成される（ステップ S8）。そして、この第 3 層間絶縁膜 16 には、エッチングにより、第 1 アルミニウム配線 9 に達するコンタクト孔 18 が開口される。

## 【0035】

これに引き続き、たとえば、スパッタ法により、第3層間絶縁膜16上にアルミニウムが堆積させられ、これをエッチングによりパターンニングしてアルミニウム配線17が形成される（ステップS9）。

次いで、基板全面に保護膜19が形成される（ステップS10）。保護膜19は、たとえば、シリコン酸化物からなり、この場合には、 $\text{SiH}_4$ などを原料ガスとして用いたCVD法などにより形成することができる。

## 【0036】

このようにしてセル構造が完成すると、次に、強誘電体膜10の特性劣化を回復するための回復工程が実行される（ステップS20）。強誘電体膜10を形成した後の後工程の影響による強誘電体膜10の特性劣化については、既に「発明が解決しようとする課題」の項で詳細に説明したので、再度の言及は省く。

図2は、上記回復工程を実行するための処理装置の構成例を示す図解図である。この処理装置は、処理室31内に、ウエハホルダ32を備えている。ウエハホルダ32は、ほぼ水平なウエハ保持面32aを上面に有しており、このウエハ保持面32aに半導体基板1を構成するウエハW（図1のステップS1ないしS10の工程を経たもの）を保持できるようになっている。ウエハホルダ32は、鉛直方向に沿って配置された回転軸33の上端に取り付けられた板状体からなり、回転軸33を回転駆動機構34によって回転させることにより、ウエハWを保持した状態で鉛直な回転軸線まわりに回転するようになっている。

## 【0037】

ウエハホルダ32には、ヒータ45が内蔵されている。このヒータ45は、ヒータ駆動源46からの電力を得て発熱し、ウエハ保持面32aに保持されたウエハWを加熱する熱処理手段を構成している。

処理室31内には、さらに、ウエハホルダ32のウエハ保持面32aに対向する位置に、直径の異なる複数の円環状紫外線ランプ35、36、37が、ほぼ同心に配置されている。これらの紫外線ランプ35、36、37は、ランプ駆動源38からの電力を得て、ウエハWに向けて紫外線を発生する紫外線処理手段（非熱処理手段、熱エネルギー以外のエネルギーによる処理手段）を構成している。

## 【0038】

図3は、紫外線ランプ35、36、37の底面図である。紫外線ランプ35、36、37の配置位置を回避した位置には、複数のオゾン吐出口39が、ウェハ保持面32aに保持されたウェハWに対向するように配置されている。オゾン吐出口39には、オゾナイザ40（図2参照）が発生するオゾンが、オゾン供給管41を介して供給されるようになっている。すなわち、オゾン吐出口39、オゾナイザ40およびオゾン供給管41は、酸素活性化粒子処理手段の一種としてのオゾン処理手段を構成している。

## 【0039】

さらに、処理室31内において、ウェハホルダ32の側方の位置には、ウェハWの表面に酸素ガスを供給するための酸素吐出口42が配置されている。この酸素吐出口42には、酸素供給源43からの酸素が、酸素ガス供給管44を介して供給されるようになっている。

上記の構成により、回復工程においては、ウェハWがウェハホルダ32のウェハ保持面32aに保持され、この状態で、ヒータ駆動源46によってヒータ45が通電される（熱処理工程）とともに、ランプ駆動源38によって紫外線ランプ35、36、37が通電される（電磁波供給工程、熱以外のエネルギーによる処理工程）。これにより、ウェハWには熱エネルギーが供給されて熱処理が施されるとともに、紫外線のエネルギーが供給されて非熱処理（非熱エネルギー処理：熱以外のエネルギーを用いた処理）が同時に施される。

## 【0040】

回復工程では、さらに、オゾナイザ40からオゾン供給管41を介して、オゾン吐出口39より、ウェハWの表面にオゾンが供給され（酸素活性化粒子処理工程）、かつ、酸素ガス供給源43からは、酸素ガス供給管44を介して酸化性ガスとしての酸素ガスが供給される（酸素導入工程）。これにより、ウェハWにはオゾンからのエネルギー供給による非熱処理が併せて施される。また、ウェハWは、酸素雰囲気中に置かれるから、酸化反応を良好に進行させることができる。

## 【0041】

ウェハWの処理中は、終始、回転駆動機構34が付勢され、ウェハWを保持し

た状態のウエハホルダ 32 が回転させられる。これにより、ウエハ W の各部に対して、紫外線ランプ 35, 36, 37 からの紫外線を均一に照射でき、かつ、オゾンおよび酸素ガスを均一に供給できる。

ヒータ駆動源 46 からのヒータ 45 への通電は、ウエハ W の温度が、アルミニウム配線 9, 17 (図 5 参照) の融解が生じない 400℃ 程度となるように制御される。この比較的低温の熱処理のみでは、図 1 のステップ S5 ~ S10 の各工程において生じた強誘電体膜 10 の特性劣化を回復するのに十分ではないが、この実施形態では、紫外線の照射およびオゾンの供給によって不足のエネルギーを補うことができ、これにより、強誘電体膜 10 の特性を良好に回復させることができる。

#### 【0042】

図 4 は、強誘電体膜 10 のスイッチング電荷量 (残留分極) の測定値例を示すグラフである。図 5 に示されたセル構造を有する強誘電体メモリにおいて、第 1 アルミニウム配線 9 が形成された後の状態 (その後の第 3 層間絶縁膜 16 等の形成工程を行う前の状態)、第 2 アルミニウム配線 17 および保護膜 19 を形成した後の状態 (回復工程を行う前の状態)、ならびに上記回復工程 (UV アニール) を行った後の状態について、それぞれ、スイッチング電荷量が測定されている。

#### 【0043】

この図 4 のグラフから理解されたとおり、第 1 アルミニウム配線 9 が形成された後の工程によって、強誘電体膜 10 の重要な特性であるスイッチング電荷量が劣化するが、この特性劣化は、上記回復工程によって、ほぼ 90 パーセントまで回復される。

以上のようにこの実施形態によれば、強誘電体膜 10 の特性劣化を回復するための回復工程において、熱以外のエネルギー、すなわち、紫外線エネルギーおよび酸素活性化粒子としてのオゾンをウエハ W に与えることにより、少ない熱エネルギーで強誘電体膜 10 の機能回復を実現している。これにより、第 1 および第 2 アルミニウム配線 9, 17 の融解を生じさせることのない低温の処理で、強誘電体膜 10 の機能を良好に回復することができるので、良好なキャパシタ特性お



よび分極特性を有する強誘電体膜 10 を有する強誘電体メモリが実現される。しかも、低温度の処理で強誘電体膜 10 の機能回復を行えるため、半導体基板 1 内に形成された不純物拡散層 3, 4 に対するダメージが少なく、これによっても、強誘電体メモリの特性の向上が図られる。

#### 【0044】

以上、この発明の一つの実施形態について説明したが、この発明は、他の形態でも実施することが可能である。たとえば、上述の実施形態では、回復工程において、ウエハ W の加熱とともに、紫外線の照射およびオゾンの供給の両方を行うようにしているが、紫外線の照射とオゾンの供給とは、いずれか一方のみが行われてもよい。また、上述の実施形態では、回復工程において、ウエハ W の雰囲気酸素を酸素雰囲気としているが、主として強誘電体膜 10 に加わる応力による特性劣化が問題であって、強誘電体膜 10 の還元反応による特性劣化の回復がさほど重要でない場合には、ウエハ W の雰囲気を酸素雰囲気（酸化性ガス雰囲気）とすることは必ずしも必要ではない。

#### 【0045】

また、上記の実施形態においては、ウエハホルダ 32 に内蔵したヒータ 45 が発生した熱をウエハ W に伝導させてウエハ W の熱処理を行う構成について説明したが、たとえば、赤外線ランプなどの輻射熱によってウエハ W を加熱する構成が採用されてもよい。

さらに、上述の実施形態では、強誘電体メモリを製造する場合について説明したが、この発明は、強誘電体キャパシタの特性を利用した装置、高誘電率材料（たとえば、BST ((BaSr)TiO<sub>3</sub>) など）を用いた DRAM、圧電体（ZrO など）や焦電体を用いた各種センサなどの他の種類の半導体装置の製造にも適用することができる。

#### 【0046】

その他、「課題を解決するための手段および発明の効果」の項で述べたとおりの変形が可能であり、これらの他にも、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲で種々の変更を施すことが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の一実施形態による半導体装置の製造工程を示す流れ図である。

【図 2】

回復工程を実施するための処理装置の構成を示す図解図である。

【図 3】

紫外線ランプおよびオゾン吐出口の配置を示す簡略化した底面図である。

【図 4】

強誘電体膜のスイッチング電荷量（残留分極）の測定値例を示すグラフである

【図 5】

強誘電体メモリのセル構造例を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 3 不純物拡散層
- 4 不純物拡散層
- 6 ゲート電極
- 7 第 1 層間絶縁膜
- 8 第 2 層間絶縁膜
- 9 第 1 アルミニウム配線
- 10 強誘電体膜
- 11 下部電極
- 12 上部電極
- 16 第 3 層間絶縁膜
- 17 第 2 アルミニウム配線
- 19 保護膜
- 31 処理室
- 32 ウエハホルダ
- 33 回転軸
- 34 回転駆動機構

35, 36, 37 紫外線ランプ

38 ランプ駆動源

39 オゾン吐出口

40 オゾナイザ

42 酸素吐出口

43 酸素供給源

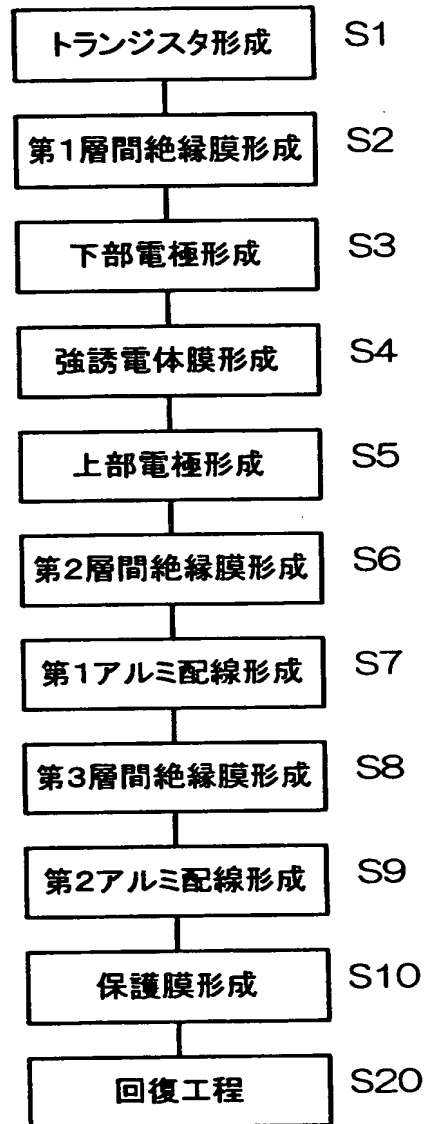
45 ヒータ

46 ヒータ駆動源

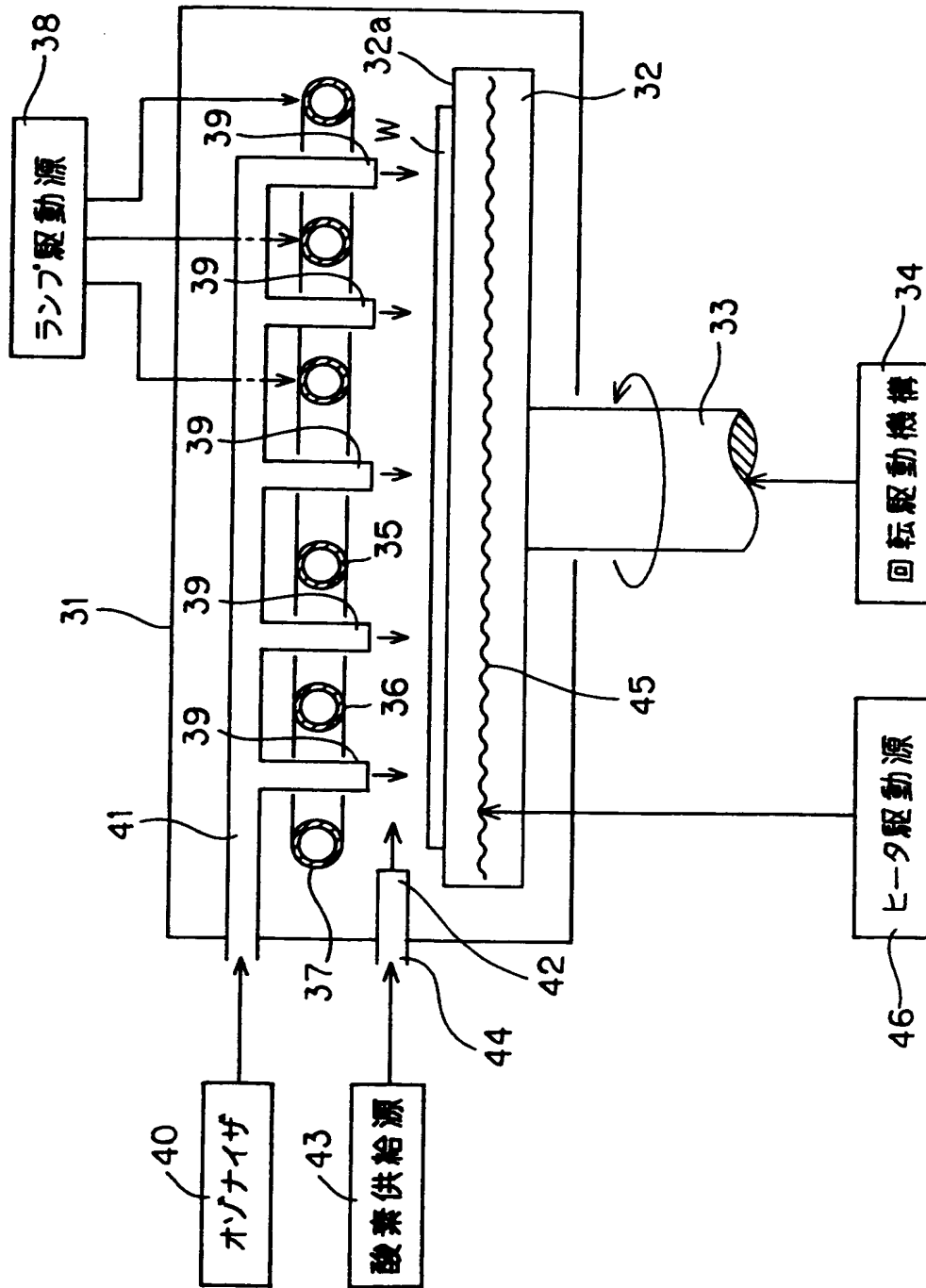
【書類名】

図面

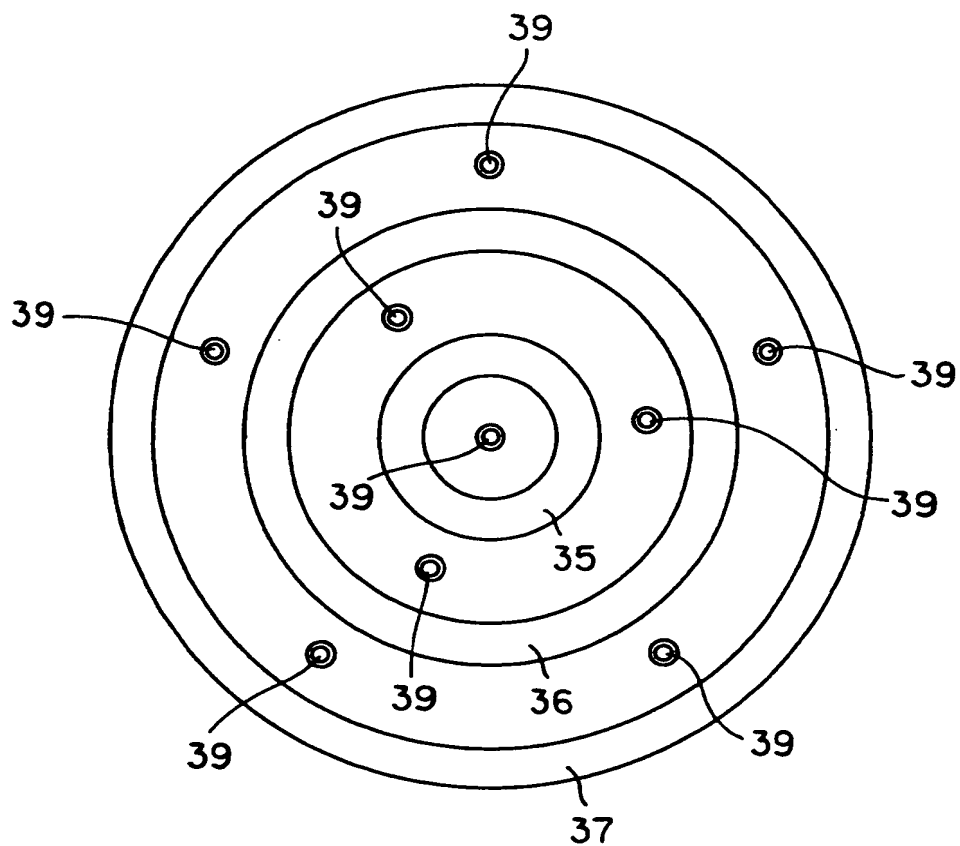
【図 1】



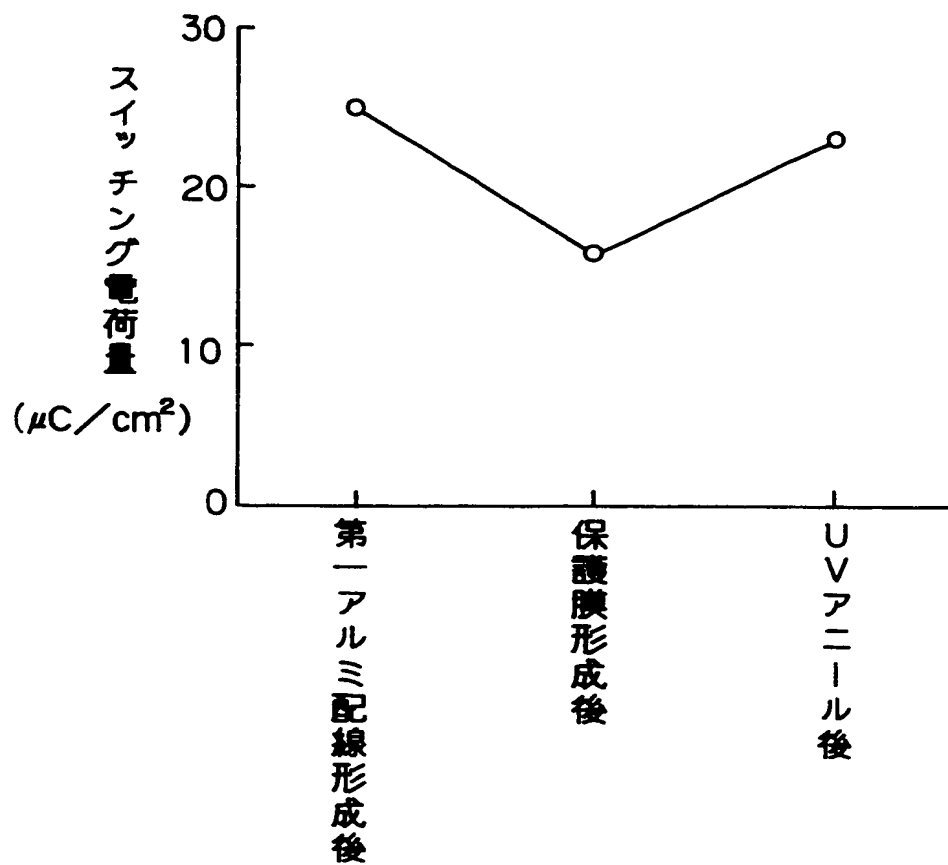
【図 2】



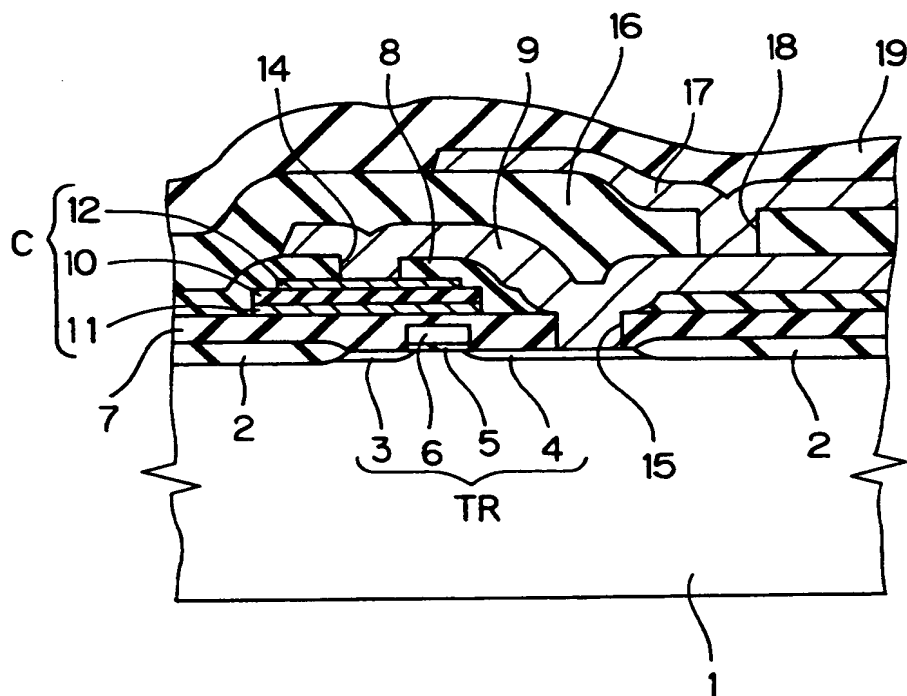
【図 3】



【図4】



【図 5】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 機能性薄膜の特性回復を低温の熱処理により実現する。

【解決手段】 強誘電体膜を有するメモリセルが形成されたウエハWは、ウエハホルダ32に内蔵されたヒータ45によって約400℃に加熱される。同時に、紫外線ランプ35, 36, 37からウエハWに紫外線を照射し、オゾン吐出口39からは、ウエハWにオゾンを供給する。さらに、酸素吐出口42からは、ウエハWに向けて酸素を供給する。こうして、熱エネルギーと熱以外のエネルギーとを併用して、強誘電体膜の特性を回復するための工程が実行される。

【効果】 アルミニウム配線やトランジスタなどの素子を劣化させることなく、強誘電体膜の特性を回復できる。

【選択図】 図2

【書類名】 職権訂正データ  
 【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000116024  
 【住所又は居所】 京都府京都市右京区西院溝崎町 21 番地  
 【氏名又は名称】 ローム株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100087701  
 【住所又は居所】 大阪府中央区南本町 4 丁目 5 番 20 号 住宅金融公  
 庫・住友生命ビル あい特許事務所  
 【氏名又は名称】 稲岡 耕作

【選任した代理人】

【識別番号】 100075155  
 【住所又は居所】 大阪府中央区南本町 4 丁目 5 番 20 号 住宅金融公  
 庫・住友生命ビル あい特許事務所  
 【氏名又は名称】 亀井 弘勝

【選任した代理人】

【識別番号】 100101328  
 【住所又は居所】 大阪府中央区南本町 4 丁目 5 番 20 号 住宅金融公  
 庫・住友生命ビル あい特許事務所  
 【氏名又は名称】 川崎 実夫

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000116024]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	京都府京都市右京区西院溝崎町21番地
氏 名	ローム株式会社

